

**BEST AVAILABLE COPY**  
**PATENT ABSTRACTS OF JAPAN**

(11)Publication number : 2004-091235

(43)Date of publication of application : 25.03.2004

---

(51)Int.Cl. C03B 11/00

B29C 33/42

B29C 33/68

C03B 40/02

G02B 1/10

G02B 3/00

---

(21)Application number : 2002-252472

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 30.08.2002

(72)Inventor : URAI SHIGEO

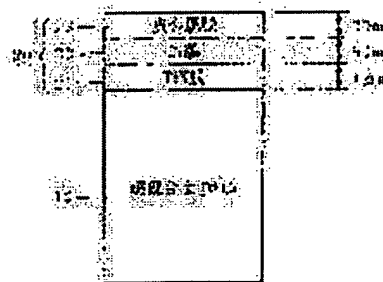
---

**(54) MULTILAYER FILM, FORMING DIE AND PROCESS FOR MANUFACTURING OPTICAL ELEMENT**

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce fine irregularities formed during film formation on a multilayer film used as a release film, etc., of a forming die for mold-forming an optical element, etc.

SOLUTION: The forming die comprises cemented carbide as a base metal 10 and has the multilayer film 20 comprising a TiN film 21, a Cr film 22 and a precious metal film 23 as a release film on its surface. The fine irregularities formed on the film-forming surface of the TiN film 21 are almost directly reflected on the outermost surface of the multilayer film 20 and are therefore transferred onto the surface of the optical element molded with the forming die, causing optical performance deterioration by scattering of light. To prevent this, a treatment is performed to reduce the fine irregularities through polishing, etc., after forming the TiN film 21, the Cr film 22 or the precious metal film 23.



---

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

24.12.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-91235

(P2004-91235A)

(43) 公開日 平成16年3月25日(2004.3.25)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	F 1	テーマコード (参考)
C 03 B 11/00	C 03 B 11/00	M 2 K 0 0 9
B 29 C 33/42	B 29 C 33/42	4 F 2 0 2
B 29 C 33/68	B 29 C 33/68	4 G 0 1 5
C 03 B 40/02	C 03 B 40/02	
G 02 B 1/10	G 02 B 3/00	Z
審査請求 有 請求項の数 14 O L (全 11 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2002-252472 (P2002-252472)	(71) 出願人	000001007
(22) 出願日	平成14年8月30日 (2002.8.30)		キヤノン株式会社
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号
		(74) 代理人	100095991
			弁理士 阪本 善朗
		(72) 発明者	浦井 茂雄
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
			ヤノン株式会社内
		Fターム(参考)	2K009 AA06 AA12 BB02 CC02 CC03
			CC14 DD03 DD04 DD15
			4F202 AH73 AJ09 AJ11 AP12 AR13
			CA09 CA11 CB01 CD07 CD22
			CM90
			4G015 HA01

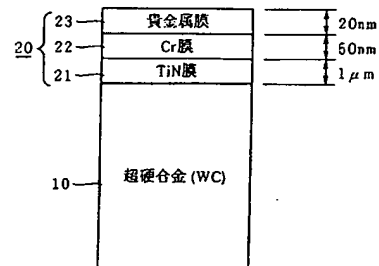
(54) 【発明の名称】 多層膜、成型型、および光学素子の製造方法

## (57) 【要約】

【課題】 光学素子等をモールド成形する成型型の離型膜等として用いる多層膜の、成膜による微細凸凹を低減する。

【解決手段】 成型型の母材10は超硬合金であり、その表面の離型膜として、TiN膜21、Cr膜22、貴金属膜23からなる多層膜20が設けられる。TiN膜21の成膜面に生じる微細凸凹は、多層膜20の最表面にほぼ同等の微細凸凹として現われるため、成型型によって成形される光学素子の表面に転写されて光の散乱による光学性能の低下を招く。これを防ぐために、TiN膜21の成膜後、またはCr膜22、貴金属膜23の成膜後に、研磨等によって微細凸凹を低減させる処理を行う。

。 【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基体に積層された複数の薄膜を有し、前記複数の薄膜のうちの少なくとも 1 つの薄膜の成膜面において、成膜による微細凸凹を減少させる表面処理を施したことを特徴とする多層膜。

## 【請求項 2】

基体に積層された複数の薄膜を有し、最表面の薄膜を除く残りの薄膜のうちの少なくとも 1 つの成膜面の微細凸凹を減少させる表面処理を施したことを特徴とする多層膜。

## 【請求項 3】

成膜による微細凸凹の、凸凹平均間隔を同等かより大きく、かつ自乗平均平方根粗さを小さくする表面処理をするか、あるいは、自乗平均平方根粗さが同等で、凸凹平均間隔が大きくなるような表面処理をしたことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の多層膜。 10

## 【請求項 4】

所定の薄膜の微細凸凹の形状を高速フーリエ変換して空間周波数とパワーの関係で表し、波長  $1 \mu\text{m}$  以下の高周波数帯域のパワーが所定のレベルより大である場合に、前記高周波数帯域のパワーが全体的に小さくなり、かつその他の周波数帯域のパワーが大きくなるような表面処理をしたことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の多層膜。

## 【請求項 5】

所定の薄膜の微細凸凹を高速フーリエ変換して空間周波数とパワーの関係で表し、波長  $1 \mu\text{m}$  以下の高周波数帯域のパワーが所定のレベルより大である場合に、少なくとも前記高周波数帯域のパワーが全体的に小さくなるように、前記微細凸凹の自乗平均平方根粗さ以上、膜厚以下の範囲の研磨除去量で研磨することによる表面処理をしたことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の多層膜。 20

## 【請求項 6】

請求項 1 ないし 5 いずれか 1 項記載の多層膜を有する成形面を備えたことを特徴とする成形型。

## 【請求項 7】

ガラスモールドのためのプレス成形用または射出成形用の成形型であることを特徴とする請求項 6 記載の成形型。

## 【請求項 8】

光学素子を成形するための成形型であることを特徴とする請求項 6 または 7 記載の成形型。 30

## 【請求項 9】

光学素子の球面、非球面、または自由曲面をプレス成形する成形型であることを特徴とする請求項 7 記載の成形型。

## 【請求項 10】

請求項 6 ないし 9 いずれか 1 項記載の成形型を用いて光学素子を成形することを特徴とする光学素子の製造方法。

## 【請求項 11】

請求項 6 ないし 9 いずれか 1 項記載の成形型を用いて成形することで、多層膜の成膜による微細凸凹が転写されない光学素子を製造することを特徴とする光学素子の製造方法。 40

## 【請求項 12】

請求項 6 ないし 9 いずれか 1 項記載の成形型を用いて成形することで、多層膜の成膜による微細凸凹が転写されない球面、非球面、または自由曲面を有する光学素子を製造することを特徴とする光学素子の製造方法。

## 【請求項 13】

請求項 6 ないし 9 いずれか 1 項記載の成形型を用いて成形された被成形面に、表面反射膜を成膜することを特徴とする表面反射型の光学素子の製造方法。

## 【請求項 14】

請求項 6 ないし 9 いずれか 1 項記載の成形型を用いて成形された被成形面に、裏面反射膜 50

を成膜することを特徴とする裏面反射型の光学素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光学素子機能を強化するために反射ミラー等に設けられる光学的多層膜や、レンズ等の光学素子のモールド成形に用いる成形型の離型膜等の多層膜において、光学素子の表面の光の散乱等を防ぐことのできる多層膜、成形型、および光学素子の製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

反射ミラーや成形型等の表面には、反射率向上等の光学素子の高機能化のため、あるいは成形品の融着を防止するための離型膜や、成形材料と型との反応を防止する拡散防止膜、そして基体と膜の密着力を高める中間層等の様々な膜が、蒸着、スパッタ等の方法により成膜されることが多いが、それらの膜が成膜されたときに微細な凸凹、例えば、ナノオーダーの結晶粒、分子が基体に衝突してできる凸凹等が膜表面全体に密に形成されることがある。

【0003】

この微細な凸凹は、表面の光の散乱率を増加させ、光学素子の反射率、透過率といった光学性能を低下させたり、外観を悪化させる原因となるため好ましくない。

【0004】

また、このような微細凸凹のある成形型を用いてプレスや射出成形を行うと、成形品の表面に微細凸凹が転写されてしまう。その結果、微細凸凹が転写した成形品や光学素子の外観や、光の透過率、反射率といった光学性能も、微細凸凹の無い表面と比べると必ず低下する。光学素子においては、上記の微細な凸凹が形成された表面を複数回におよび光が透過もしくは反射すると、その回数に応じて、散乱による光の損失が指数関数的に大きくなる。

【0005】

光学素子表面の光損失を小さくする従来技術は、例えば、特開平11-87808号公報に開示されているが、成膜処理を行った成形型を用いる場合に、成形型の膜の微細凸凹による光の散乱を低減する技術については開示されていない。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

一般的に、蒸着、スパッタ等により成膜された膜の表面には微細な凸凹が形成され、この微細凸凹があると膜表面の光の散乱率が大きくなり、要求される光学性能または外観を満足しない表面になる。

【0007】

さらに、前記微細凸凹が形成された成形型を用いて光学素子等の成形を行うと、成形品表面にその微細凸凹が転写されることがあり、要求される光学性能または外観を満足しないような成形品ができるという問題がある。特に、裏面反射の光学素子の場合は、この問題が顕著に現れる。

【0008】

本発明は、上記従来の技術の有する未解決の課題に鑑みてなされたものであり、多層膜の成膜時に形成される微細凸凹による光の散乱を低減し、光学素子等の外観や光学性能を大幅に改善できる多層膜、成形型、および光学素子の製造方法を提供することを目的とするものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明の多層膜は、基体に積層された複数の薄膜を有し、前記複数の薄膜のうちの少なくとも1つの薄膜の成膜面において、成膜による微細凸凹を減少させる表面処理を施したことを特徴とする。

10

20

30

40

50

## 【0010】

基体に積層された複数の薄膜を有し、最表面の薄膜を除く残りの薄膜のうちの少なくとも1つの成膜面の微細凸凹を減少させる表面処理を施したことを特徴とする多層膜でもよい。

## 【0011】

成膜による微細凸凹の、凸凹平均間隔を同等かより大きく、かつ自乗平均平方根粗さを小さくする表面処理をするか、あるいは、自乗平均平方根粗さが同等で、凸凹平均間隔が大きくなるような表面処理をするとよい。

## 【0012】

所定の薄膜の微細凸凹の形状を高速フーリエ変換して空間周波数とパワーの関係で表し、波長1  $\mu\text{m}$ 以下の高周波数帯域のパワーが所定のレベルより大である場合に、前記高周波数帯域のパワーが全体的に小さくなり、かつその他の周波数帯域のパワーが大きくならないような表面処理をするとよい。

10

## 【0013】

所定の薄膜の微細凸凹を高速フーリエ変換して空間周波数とパワーの関係で表し、波長1  $\mu\text{m}$ 以下の高周波数帯域のパワーが所定のレベルより大である場合に、少なくとも前記高周波数帯域のパワーが全体的に小さくなるように、前記微細凸凹の自乗平均平方根粗さ以上、膜厚以下の範囲の研磨除去量で研磨することによる表面処理をするとよい。

## 【0014】

本発明の成形型は、上記の多層膜を有する成形面を備えたことを特徴とする。

20

## 【0015】

ガラスモールドのためのプレス成形用または射出成形用の成形型であるとよい。

## 【0016】

光学素子を成形するための成形型であるとよい。

## 【0017】

光学素子の球面、非球面、または自由曲面をプレス成形する成形型であるとよい。

## 【0018】

本発明の光学素子の製造方法は、上記の成形型を用いて光学素子を成形することを特徴とする。

## 【0019】

上記の成形型を用いて成形することで、多層膜の成膜による微細凸凹が転写されない光学素子を製造することを特徴とする。

30

## 【0020】

上記の成形型を用いて成形することで、多層膜の成膜による微細凸凹が転写されない球面、非球面、または自由曲面を有する光学素子を製造することを特徴とする光学素子の製造方法でもよい。

## 【0021】

上記の成形型を用いて成形された被成形面に、表面反射膜を成膜することを特徴とする表面反射型の光学素子の製造方法でもよい。

## 【0022】

上記の成形型を用いて成形された被成形面に、裏面反射膜を成膜することを特徴とする裏面反射型の光学素子の製造方法でもよい。

40

## 【0023】

## 【作用】

反射ミラー等の光学用途の多層膜や、光学素子等を成形する成形型の離型膜等として用いる多層膜を構成する複数の薄膜のうちの、少なくとも1つの成膜面において、成膜により膜表面に形成された微細凸凹を減少させる研磨等の表面処理を行う。微細凸凹を完全に除去できなくとも、膜表面における特定波長帯域の光の散乱率が小さくなり、反射率あるいは透過率が大きくなればよい。

## 【0024】

50

そうするためには、多層膜の少なくとも1つの膜表面において、成膜により形成された微細凸凹における、凸凹平均間隔 ( $S_m$ : ISO 468-1982 Surface Roughness-Parameters, their values and general rules for specifying requirements 参照) を同等かより大きく、かつ自乗平均平方根粗さ ( $R_{rms}$ ) を小さくする処理をするか、あるいは  $R_{rms}$  が同等で、かつ  $S_m$  が大きくなるような処理を行う。

#### 【0025】

上記の処理方法は、光の散乱率と膜表面の凸凹形状との相関を求めて決定したものである。一般的に、光の散乱率は、表面凸凹の断面曲線の高さ方向の性質と横方向の性質との両方に関係がある。よって、光の散乱率を小さくする凸凹の形状は、表面凸凹の断面曲線の高さ方向の性質と横方向の性質との2つの性質を特徴づけるパラメータによって表記されなければならない。1つのパラメータでは、確実に光の散乱率を小さくする表面凸凹形状を示すことができず、不完全である。

#### 【0026】

例えば、表面の凸凹形状における断面曲線の、高さ方向の性質を自乗平均平方根粗さ  $R_{rms}$  で、横方向の性質を凸凹平均間隔  $S_m$  で示すと、一般に、表面の散乱率と  $R_{rms}$  および  $S_m$  の関係は、 $R_{rms}$  が小さく、かつ  $S_m$  が小さくなるほど、散乱率が小さくなることがわかっている。ただし、 $R_{rms}$  と  $S_m$  のどちらか一方が小さくなっただけでは、もう一方が大きくなれば、その程度により、散乱率は小さくならない場合がある。このような場合では、どちらか一方のパラメータでは、確実に表面の散乱率を減じる表面凸凹形状を表記できない。

#### 【0027】

そこで、本発明においては、確実に表面の散乱率が小さくなるような表面凸凹を決定づけるために、 $R_{rms}$  と  $S_m$  の2つのパラメータを用いた。

#### 【0028】

$R_{rms}$  と  $S_m$  の組み合わせと同様に、表面凸凹の断面曲線の高さ方向の性質と横方向の性質の2つを表現するパラメータに、表面の凸凹形状における断面曲線を高速フーリエ変換 (FFT) することで算出される、空間周波数とパワーの関係がある。この関係によっても、表面凸凹の形状の性質が表現可能であり、また、前述の自乗平均平方根粗さ  $R_{rms}$  と凸凹平均間隔  $S_m$  で表す方法に比べて、表面凸凹形状をより詳細に表現できる利点がある。例えば、周波数は横方向の性質、パワーは縦方向の性質にそれぞれ対応し、凸凹の間隔ごとに凸凹の高さがわかる。

#### 【0029】

上記のような利点を有する空間周波数およびパワーと光の散乱率との関係は、次のようになることがわかっている。ある空間周波数範囲でパワーが減少し、その他の空間周波数範囲のパワーが増加しなければ、表面の散乱率は小さくなる。しかしながら、ある空間周波数帯域でパワーが減少しても、その他の空間周波数帯域のパワーが増加した場合、その程度により、散乱率は大きくなる場合がある。確実に表面の散乱率を減じるには、次の3つの方法の何れかを行う。

#### 【0030】

▲1▼少なくとも特定の周波数帯域のパワーを減少させ、かつその他の周波数帯域のパワーは同等とする。

▲2▼全空間周波数帯域でパワーを減少させる。

▲3▼散乱率に影響のない空間周波数範囲にパワーの分布をシフトさせる。

#### 【0031】

成膜による微細凸凹の処理に関しては▲1▼の方法が好ましい。何故なら、成膜で形成された微細凸凹は特定の周波数帯域に集中し、その他は変化がほとんど無いからである。集中する周波数帯域は、大抵の場合、波長約  $1 \mu m$  以下の範囲であり、一般的にパワーが同じなら、波長の短い方が、散乱率に対する影響は大きい。比較的影響の大きい成分が成膜により形成されることになる。よって、波長  $1 \mu m$  以下の高周波数帯域に絞り込んで

、凸凹を小さくするのが効率的かつ効果的である。さらには、波長  $1\ \mu\text{m}$  以下に変化があった場合のみ微細凸凹の除去を行うようにすれば、微細凸凹が形成されない膜に対して前述の膜処理を行うような無駄を防ぐことができる。そのため、多層膜の少なくとも1つの膜表面において、成膜前後の微細凸凹の形状をそれぞれFFT処理して空間周波数とパワーの関係で表し、成膜後の方が成膜前よりも波長  $1\ \mu\text{m}$  以下の比較的高周波数帯域のパワーが大きくなっているか否かを観察することが望ましい。

#### 【0032】

膜の表面処理は、例えば、測定長さを  $10\ \mu\text{m}$  とした最表面の微細凸凹の  $R_{rms}$ （自乗平均平方根粗さ）以上、膜厚以下の範囲の研磨除去量で、成膜後の膜表面を、その膜の材質に適した所定の研磨砥粒で研磨する等の処理である。同様の効果が得られれば、酸処理のような化学処理であっても構わない。 10

#### 【0033】

また、膜の表面処理は、必ずしも多層膜の最表面で行わなくても、最表面にその効果が現れる。何故なら、光学用途で成膜されるような多層膜等においては、各薄膜の膜厚が比較的薄く（約  $1\ \mu\text{m}$  以下）、下層の膜の成膜面の凸凹形状が上層まで維持されるからである。従って、少なくとも1つの膜表面において下地表面の微細凸凹が除去されていると、その上に成膜された膜の表面は、下地表面の微細凸凹が除去されていない場合に比して、微細凸凹がより少なくなり、最終的に最表面の散乱率が小さくなる。

#### 【0034】

また、成膜しても表面に微細凸凹が形成されない膜材や成膜方法であれば下地の凸凹の状態がそのまま現われる。従って、必ずしも最表面で微細凸凹を除去する処理を行わなくても、微細凸凹が発生した膜で膜処理を行えば、最表面に微細凸凹が少ない状態になる。特に、最表面が材質的に鏡面加工が難しい場合などは、最表面以外の膜表面の微細凸凹を極力小さくすることで、最表面の微細凸凹を低減する。 20

#### 【0035】

また、複数層ある膜の全てが相対的に研磨し難い材質である場合は、相対的に研磨し易い膜をさらに加えて成膜し、その膜表面を研磨することで、最表面の微細凸凹を少なくするようなこともできる。

#### 【0036】

上記の表面処理を行った多層膜からなる離型膜等を有する成型型を、ガラスモールド等のプレス成形、射出成形等で使用すれば、球面、非球面、自由曲面等、その形状を問わず、所定の領域に微細凸凹が転写されていない、もしくは微細凸凹が減少した成型品を得ることができる。成型品は、透過系や反射系の光学素子に限らず、例えば、外観に鏡面を要求されるような光学素子以外のものでもよい。 30

#### 【0037】

##### 【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

#### 【0038】

図1は一実施の形態によるガラス製の光学素子を成形するためのいわゆるガラスモールド用の成型型に形成される離型膜の膜構成を示すもので、成型型の母材10はWC基の超硬合金であり、その表面（成形面）を研磨したうえで、多層膜20を構成する最下層の薄膜である拡散遮蔽用の膜厚  $1\ \mu\text{m}$  のTiN膜21、その上に膜間の密着性を上げるための中間層としての膜厚  $50\ \text{nm}$  のCr膜22、その上にガラスと型との密着力を減らすための最表面の膜厚  $20\ \text{nm}$  の貴金属膜23が成膜されている。 40

#### 【0039】

TiN膜21の成膜前の超硬合金の母材10の表面状態とTiN膜21の成膜後の表面状態をAFMで観察したところ、TiN膜21の表面には成膜による微細凸凹が形成され、この微細凸凹の高さは数nm程度であり、凸凹の平均間隔Smは、TiN成膜前の母材10の表面（研磨面）の凸凹の平均間隔よりも小さくて、膜表面全体が密に凸凹によって覆われた状態になる。 50



## 【0040】

そのため、TiN面の散乱率は超合金の表面よりも確実に高くなってしまい、このTiN面の凸凹が成形品に転写されると成形品表面の散乱率も成形型と同程度になり、光学素子として要求される反射率や透過率を満足できない。

## 【0041】

図2は、TiN膜21の成膜時に発生した微細凸凹をFFT処理したデータと、成膜前の母材10（超合金）の研磨面の凸凹形状をFFT処理したデータを示すもので、このグラフから、TiNの成膜により主に波長1 $\mu$ m以下の周波数成分のパワーが増加しているのがわかる。その他の波長成分にはほとんど変化が無いが、光の散乱率は、このパワーの増加分だけ確実に高くなる。従って、TiNの成膜による微細凸凹のために、多層膜20の表面状態が確実に悪くなり、しかも、TiNにより増加した周波数成分のほとんどは波長が1 $\mu$ m以下であり、比較的短波長（高周波）領域である。そして、パワーが同じであれば、短波長領域は、長波長領域よりも光の散乱率に対する影響が大きい。

10

## 【0042】

このように、成膜により生じる微細凸凹は散乱率を増加させる特別な要因となり得ることがわかり、研磨等の表面処理によってこの微細凸凹を除去すれば、モールド成形された光学素子の表面の散乱率を大幅に減少させることが可能であり、また成形型のみならず、反射ミラー上の多層膜等のあらゆる光学用途の多層膜の散乱率を低減できる。

## 【0043】

なお、TiN膜21上のCr膜22の成膜においては、TiN膜21とCr膜22の密着性を改善させるために、TiN/Crミキシング層を配した。このミキシング層は、Cr分子をTiN表面に高エネルギーで叩きつけることで得ることができる。TiN膜21の表面処理をしないと、TiN成膜後よりもさらにRrmsで1nm程度の縦成分の凸凹が増加する。Cr膜22の成膜によって、TiN成膜時の微細凸凹が消えたり、改善されることはなく、表面の散乱率はさらに悪化することが確認された。

20

## 【0044】

一方、Cr膜22上の貴金属膜23の成膜においては、Crと貴金属との密着性が良いので、ミキシング層等を必要とせず、下地の表面を荒らすことなく成膜できた。

## 【0045】

このように、成膜による微細凸凹が発生したのはTiN膜21を成膜するとき、およびCr膜22を成膜するときであり、最表面の貴金属膜23については、その表面状態は、Cr成膜後の表面状態とほとんど変わりが無い。

30

## 【0046】

次に、上記の成形型と、その成形型で成形した成形品（光学素子）の表面状態をAFMで測定したところ、成形品の表面は、成形型の表面をナノオーダーで良く転写しており、ガラスモールド成形法による成形品の表面凸凹は、成形型の表面凸凹とほぼ同等になることがわかった。適正な条件でプレス等が行われれば、成形型のプレス面形状が、球面、非球面、あるいは自由曲面等であっても、成形品には、成形型の表面凸凹がそのまま転写されることが確認された。

## 【0047】

次に、上記の成形型の表面にAg膜を成膜し、入射角12°の一面反射率を測定した。その結果は測定光の波長を440nmとすると93.0%であった。成形品の表面に対してもAg膜を成膜し、同様の測定をしてみると、成形型と同じ値を示した。すなわち、転写面と被転写面の違いはあるが、表面凸凹は双方とも似たような形状であり、光学的な性質としては成形品と成形型に違いは無いことがわかった。

40

## 【0048】

この成形型および成形品のAg膜の散乱率は、完全に滑らかな鏡面のAg膜の反射率が、測定光の波長を440nmとすると96.2%であるから、簡易的には96.2%から93.0%を引いた値である3.2%と見るができる。

## 【0049】

50

そこで、このTiNもしくはCrの成膜により形成された微細凸凹を除去するために、図3ないし図5に示すように、多層膜20の成膜工程において、TiN膜21の表面21a、またはCr膜22の表面22a、または貴金属膜23の表面23aを研磨する表面処理を行った。

#### 【0050】

微細凸凹の除去には、研磨砥粒としてアルミナを用い、研磨除去量はTiNの成膜により形成された微細凸凹の縦成分の高さの目安であるRrms値以上とした（具体的には10nm）。

#### 【0051】

図3、図4、図5の多層膜を有する成形型をA（実施例1）、B（実施例2）、C（実施例3）、図6に示す研磨処理を行わない多層膜を有する成形型をDとして、図7に示すように▲1▼～▲3▼の3種類の反射率を測定した。▲1▼は、各成形型の多層膜上に成膜されたAg膜の表面反射率である。▲2▼は、各成形型で成形された成形品に成膜されたAg膜の表面反射率である。▲3▼は、各成形型で成形された成形品に成膜されたAg膜の裏面反射率である。

#### 【0052】

成形型A～Dについて、▲1▼～▲3▼の反射率測定結果を表1に示す。

#### 【0053】

#### 【表1】

	反射率 (%)		
	①	②	③
A型	94.5	94.5	94.0
B型	94.0	94.0	93.0
C型	93.5	93.6	90.0
D型	93.0	93.0	84.0

#### 【0054】

反射率は、研磨する面に関わらず▲1▼～▲3▼の何れの場合も上昇している。これによって、複数層ある膜表面の少なくとも一つに上記の研磨処理を行うことで、光学素子等の表面の光の散乱を低減できることがわかる。

#### 【0055】

▲1▼～▲3▼の何れの反射率とも、改善効果が最も大きかったのはTiN膜を研磨したA型の場合であった。そこで、FFT変換した波長1μm以下のパワーをA～D型の最表面で比較してみると、A型のパワーが最も低く、以下B、C、Dの順にパワーが大きくなっていった。つまり、反射率の大きい型ほど成膜により形成された波長1μm以下のパワーが小さくなっており、C型のように最表面を直接研磨するよりもA型のようにTiN膜を研磨した方が光の散乱率を低減する効果が大であり、高い反射率を得ることができる。

#### 【0056】

この理由は、アルミナでの研磨処理の場合、最も表面の微細凸凹が除去され易いのがTiN面であったためであると考えられる。TiNは硬度が相対的に高く、多層膜の薄膜材料のなかで最も研磨し易い材質である。このように、最表面を研磨することで微細凸凹を除去するのが、最適でない場合もあり得るので注意が必要である。

#### 【0057】

本実施の形態によれば、複数層ある薄膜のうちの少なくとも1つの表面で微細凸凹を除去する表面処理を行うことで、最表面の微細凸凹を低減し、成形品や光学素子の光の散乱を抑えて、光学性能を向上させることができる。このとき、膜構成に応じて、研磨し易い膜表面を研磨すれば、最表面を直接研磨する場合よりも、最表面の凸凹が少なくなることが

確認されている。なお、光学素子の多層膜の成膜のように比較的薄い膜を複数層有する場合では、下地の微細凸凹と最表面の微細凸凹の量に加算性がある。

【0058】

例えば、多層膜を構成する複数の薄膜のうちの少なくとも1つの膜表面にアルミナ研磨処理等を行うことで、成膜により形成された微細凸凹が効果的に除去された多層膜が得られ、これによって、反射ミラー等に設けられる光学多層膜の表面反射率、多層膜を用いた成形型による成形品である光学素子の表面反射率、裏面反射率等を大幅に改善することができる。

【0059】

【発明の効果】

10

本発明は上述のとおり構成されているので、以下に記載するような効果を奏する。

【0060】

反射ミラー等の光学素子の光学性能を強化するための多層膜や、光学素子を成形するための成形型の離型膜等の多層膜において、複数層の成膜により形成された膜表面の微細凸凹、特に、FFT変換による波長約1  $\mu$ m以下の凸凹を少なくする表面処理により、光の散乱率の小さい多層膜を得ることができる。そして、このような表面処理を多層膜に行った成形型によって成形された光学素子の表面も、光の散乱率が低くなり、表面反射率、裏面反射率、透過率等が大きい光学素子を製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】一実施の形態による成形型の多層膜の膜構成を示す図である。

20

【図2】TiN膜成膜前後の表面の凸凹形状をFFT変換処理した結果を示す図である。

【図3】表面処理をTiN膜成膜後に行う実施例1を示す図である。

【図4】表面処理をCr膜成膜後に行う実施例2を示す図である。

【図5】表面処理を貴金属膜成膜後に行う実施例3を示す図である。

【図6】表面処理を行わない比較例を示す図である。

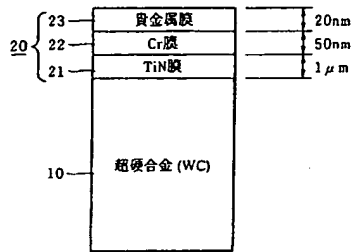
【図7】成形型に形成したAg膜の表面反射率と、成形品に形成したAg膜の表面反射率および裏面反射率を測定する方法を示す図である。

【符号の説明】

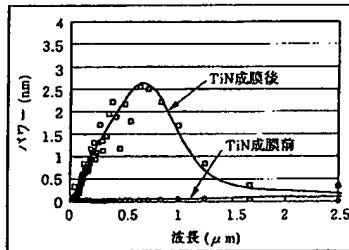
- 10 母材
- 20 多層膜
- 21 TiN膜
- 22 Cr膜
- 23 貴金属膜

30

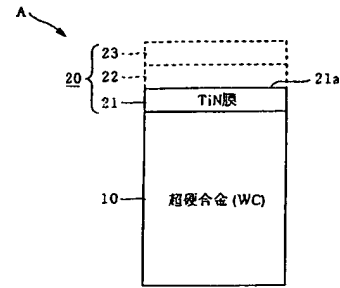
【図 1】



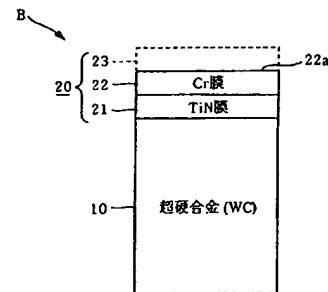
【図 2】



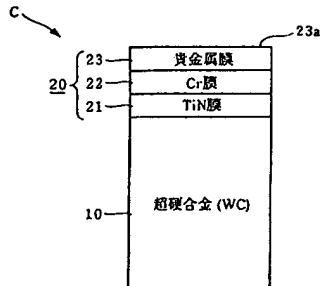
【図 3】



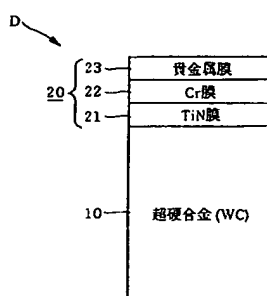
【図 4】



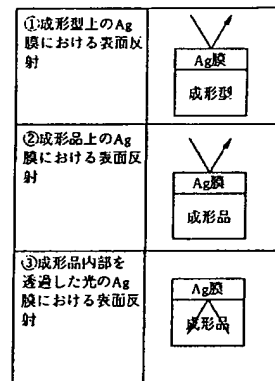
【図 5】



【図 6】



【図 7】



---

フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>7</sup>

G 0 2 B 3/00

F I

G 0 2 B 1/10

Z

テーマコード (参考)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**